

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:
Hitoshi Mitsubori

Application No.: NEW APPLICATION

Confirmation No.: N/A

Filed: January 16, 2004

Art Unit: N/A

For: SUPERCONDUCTING MAGNET APPARATUS
AND MAINTENANCE METHOD OF
REFRIGERATOR FOR THE SAME

Examiner: Not Yet Assigned

CLAIM FOR PRIORITY AND SUBMISSION OF DOCUMENTS

MS Patent Application
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

Applicant hereby claims priority under 35 U.S.C. 119 based on the following prior foreign application filed in the following foreign country on the date indicated:

<u>Country</u>	<u>Application No.</u>	<u>Date</u>
Japan	2003-355100	October 15, 2003

In support of this claim, a certified copy of the said original foreign application is filed herewith. Applicant believes no fee is due with this response. However, if a fee is due, please charge our Deposit Account No. 18-0013, under Order No. IKE-0001 from which the undersigned is authorized to draw.

Dated: January 16, 2004

Respectfully submitted,

By 

David T. Nikaido

Registration No.: 22,663

Carl Schaukowitch

Registration No.: 29,211

RADER, FISHMAN & GRAUER PLLC

1233 20th Street, N.W., Suite 501

Washington, DC 20036

(202) 955-3750

Attorney for Applicant

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 1 0 月 1 5 日
Date of Application:

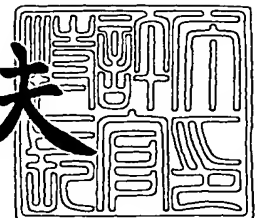
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 3 5 5 1 0 0
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 3 5 5 1 0 0]

出 願 人 住 友 重 機 械 工 業 株 式 有 限 公 司
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 1 月 2 5 日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出 証 番 号 出 証 特 2 0 0 3 - 3 0 9 7 1 8 3

【書類名】 特許願
【整理番号】 H-8667
【提出日】 平成15年10月15日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H01L 39/04
F25B 9/00
【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県横須賀市夏島町 1 9 番地 住友重機械工業株式会社横須賀製造所内
【氏名】 三堀 仁志
【特許出願人】
【識別番号】 000002107
【氏名又は名称】 住友重機械工業株式会社
【代理人】
【識別番号】 100071272
【弁理士】
【氏名又は名称】 後藤 洋介
【選任した代理人】
【識別番号】 100077838
【弁理士】
【氏名又は名称】 池田 憲保
【手数料の表示】
【予納台帳番号】 012416
【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 0211069

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

超電導磁石装置の超電導コイルが収容される真空容器内に挿入されて超電導コイルの冷却を行う冷凍機であって、モータ駆動部と該モータ駆動部に組み付けられて該モータ駆動部により駆動されるディスプレイサと該ディスプレイサを往復動可能に収容している冷却シリンダとを含む冷凍機を前記真空容器に装着するための装着構造において、

前記真空容器は、中央に単結晶引上げ装置を収容するための中空空間を有する二重円筒型であり、

前記真空容器には、該真空容器内の真空領域と隔絶した状態で前記冷却シリンダを収容するためのスリーブであって該真空容器の壁に近い箇所に開口を持つスリーブが設けられており、

前記冷却シリンダは、その一部が前記スリーブと面接触しており、

前記冷却シリンダにおける前記ディスプレイサ挿通用の開口には、前記ディスプレイサを挿通した状態にて前記モータ駆動部が取り付けられると共に前記スリーブ内の空間を封止すべく前記スリーブ内に挿通される筒状部を持つ第 1 のフランジが設けられており、

前記筒状部とこれに対向する前記スリーブの内壁との間には封止リングが設けられており、

前記第 1 のフランジ及び前記冷却シリンダを残して前記モータ駆動部と前記ディスプレイサとを取り外して新たなディスプレイサと交換可能にしたことを特徴とする単結晶引上げ装置用超電導磁石装置における冷凍機の装着構造。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の冷凍機の装着構造において、前記真空容器内には、前記中空空間を間にして対向し合う縦型配置の超電導コイルの対が少なくとも二対設けられており、隣り合う対において隣接し合う超電導コイルの中心軸のなす角を 90 度以下とし、しかもそれらの合成発生磁束が前記中空空間における上下方向の中心軸を通る水平磁場となるようにしたことを特徴とする単結晶引上げ装置用超電導磁石装置における冷凍機の装着構造。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の冷凍機の装着構造において、前記真空容器内には、前記中空空間を間にして対向し合う縦型配置の超電導コイルの対が少なくとも二対設けられており、隣り合う対において隣接し合う超電導コイルの中心軸のなす角を 90 度とし、しかもそれら合成発生磁束が前記中空空間における上下方向の中心軸を通らないカスプ磁場となるようにしたことを特徴とする単結晶引上げ装置用超電導磁石装置における冷凍機の装着構造。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の冷凍機の装着構造において、前記真空容器内には、前記中空空間を取り囲むような水平配置型のリング状の超電導コイルを上下に配置し、これら上下の超電導コイルにより上側から下側に向かう平行磁束による縦磁場あるいは下側から上側に向かう平行磁束による縦磁場を形成するようにしたことを特徴とする単結晶引上げ装置用超電導磁石装置における冷凍機の装着構造。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の冷凍機の装着構造において、前記真空容器内には、前記中空空間を取り囲むような水平配置型のリング状の超電導コイルを上下に配置し、これら上下の超電導コイルによる発生磁束を逆向きにすることにより、前記中空空間における上下方向の中心軸を通らないカスプ磁場を形成するようにしたことを特徴とする単結晶引上げ装置用超電導磁石装置における冷凍機の装着構造。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の冷凍機の装着構造において、前記スリーブの開口部近傍には前記第 1 のフランジと対向する第 2 のフランジを前記真空容器からやや突出するようにして該真空容器と一体に設けて、前記第 1 のフランジと前記第 2 のフランジとの間を第 1 のボルトで締め付けするようにし、しかも前記第 1 のフランジと前記第 2 のフランジの間には、前記筒状部が前記スリーブへ挿入される時に前記ディスプレイサによる前記冷却シリンダの

傾きを規制するためのガイドピンが少なくとも 1 本設けられていることを特徴とする単結晶引上げ装置用超電導磁石装置における冷凍機の装着構造。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の冷凍機の装着構造において、前記第 1 のボルトは前記第 2 のフランジ側から前記第 1 のフランジ側に向けて挿入されて該第 2 のフランジを遊嵌状態で貫通しており、該第 1 のボルトの頭部と該頭部が対向する前記第 2 のフランジとの間に、バネ座金を介在させていることを特徴とする単結晶引上げ装置用超電導磁石装置における冷凍機の装着構造。

【請求項 8】

請求項 6 に記載の単結晶引上げ装置用超電導磁石装置における冷凍機の装着構造に適用される冷凍機のメンテナンス方法であって、

前記冷却シリンダの一部と前記スリーブとの面接触は、前記冷却シリンダの延在方向に関して直角な面において行われており、

前記第 2 のフランジには、該第 2 のフランジに螺入されて前記第 1 のフランジに当接するようにされた第 2 のボルトが設けられており、

前記ディスプレイサの交換作業に際しては、前記第 1 のボルトによる締め付けを緩めたうえで前記第 2 のボルトにより前記第 1 のフランジを押し上げて前記筒状部を数 mm 程度引き出すようにすることにより、前記スリーブと前記冷却シリンダとの間の封止を維持した状態で前記面接触を解除し、

前記モータ駆動部を前記第 1 のフランジから取り外して前記ディスプレイサと共に前記冷却シリンダから引き抜くようにし、

前記冷却シリンダ内を昇温させた後、新たなモータ駆動部とディスプレイサとの組み合わせ体を前記第 1 のフランジを通して前記冷却シリンダ内に挿入し、続いて倍力装置で冷凍機全体に押圧力を作用させて前記筒状部を元の位置に押し戻して前記冷却シリンダの一部と前記スリーブとを面接触させた後、前記第 1 のボルトによる締め付けを行うようにしたことを特徴とする単結晶引上げ装置用超電導磁石装置における冷凍機のメンテナンス方法。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の冷凍機のメンテナンス方法において、前記倍力装置は、前記モータ駆動部の頭部側に配置されるベース板と、該ベース板と前記モータ駆動部の頭部側との間に配置される伸長力発生機構と、前記ベース板と前記第 2 のフランジのそれぞれに引っ掛かる爪を上下両側に有する少なくとも 2 枚の略コ字形状の締付け板とを含み、前記ベース板の上動を前記締付け板で拘束した状態にて前記伸長力発生機構により前記ベース板と前記モータ駆動部の頭部側とを引き離す力を発生させて前記冷凍機全体に押圧力を作用させるようにしたものであることを特徴とする単結晶引上げ装置用超電導磁石装置における冷凍機のメンテナンス方法。

【書類名】明細書

【発明の名称】単結晶引上げ装置用超電導磁石装置における冷凍機の装着構造及び冷凍機のメンテナンス方法

【技術分野】**【0001】**

本発明は、冷凍機冷却型クライオスタットにおける冷凍機の真空容器への装着構造及び冷凍機のメンテナンス方法に関し、特に単結晶引上げ装置用超電導磁石装置における冷凍機の装着構造及び冷凍機のメンテナンス方法に関する。

【背景技術】**【0002】**

クライオスタット（極低温真空容器）の冷却手段として近年、液体ヘリウムに代わって図11に示すようなGM冷凍機Rが使用されている。GM冷凍機Rの構造は大別してモータ駆動部Mと、複数段（ここでは2段）の冷却シリンダC1、C2と、蓄熱体を内蔵しモータ駆動部MによりシリンダC1、C2内を往復動するディスプレイサD1、D2とから構成されている。第1段冷却シリンダC1の下端部には第1段コールドヘッドH1、第2段冷却シリンダC2の下端部には第2段コールドヘッドH2がそれぞれ形成されている。第1段冷却シリンダC1の上部開口周縁には、モータ駆動部Mを取り付けるため及び後述される真空容器への取り付けのためのフランジ4が設けられている。ディスプレイサD1、D2はフランジ4の開口を通して第1段、第2段冷却シリンダC1、C2内に挿入される。

【0003】

上記2段のコールドヘッドH1、H2を有するGM冷凍機Rにあつては、第1段コールドヘッドH1で70～40Kに、第2段コールドヘッドH2で20～4Kまで極低温にすることが可能であり、各段のコールドヘッドにより被冷却物が所定温度まで冷却される（例えば、特許文献1参照）。

【0004】

ところで、シリコン単結晶製造において、多結晶シリコンを熔融して単結晶種結晶に結晶成長させるチョクラスキー法（CZ法）が知られている。熔融シリコンはルツボ内で熔融するために熱対流が発生して生成する単結晶の品質が低下する場合がある。そこで、生成した単結晶の品質向上などを目的に、熔融シリコンに磁界を印加して電磁制動により対流を抑制する方法が知られている。この方法は、磁界印加式チョクラスキー法（MCZ法）と呼ばれている。磁界の印加方向としては、熔融シリコンの液面に対して垂直方向の垂直磁場、水平方向の水平磁場、カスプ磁場を印加することが知られている。そして、磁界印加手段としてGM冷凍機を備えた超電導磁石装置が使用されている。

【0005】

上記のGM冷凍機Rを単結晶引上げ装置用の超電導磁石装置の冷却に長時間（稼働約1万時間）使用する場合は必ずGM冷凍機Rのメンテナンスが必要である。通常のメンテナンスは、常に運動している部分の部品交換と点検である。このメンテナンス作業を行なう場合は、モータ駆動部Mとそれに連結されているディスプレイサD1、D2を第1段、第2段冷却シリンダC1、C2から引抜き、取り外すことが必要である。

【0006】

しかし、低温に冷却されているディスプレイサD1、D2を大気中で第1段、第2段冷却シリンダC1、C2から引き抜くと、瞬時に第1段、第2段冷却シリンダC1、C2の内面に空気中の水分が付着し氷結膜となって第1段、第2段冷却シリンダC1、C2の内面を覆う。付着した氷結膜はドライヤ等で一時的には除去できる。しかし、第1段、第2段冷却シリンダC1、C2は極低温の真空容器中にあって冷却され続けるので、再び第1段、第2段冷却シリンダC1、C2の内面に氷結膜が生じてしまい、結局、メンテナンス作業が不可能となる。

【0007】

そこで、単結晶引上げ装置は勿論、超電導磁石装置を停止して超電導磁石装置全体を常

温に戻してから作業を行なわねばならなかった。超電導磁石装置を停止した後、超電導磁石装置が4 Kから常温に戻るまでの必要時間は、コイルの大きさにもよるが、6日から20日程度である。そして、そこから1日かけて超電導磁石装置に備えられた数台のGM冷凍機を交換する。続いて、コイル昇温時と同様の日数をかけてコイルを冷却し、コイルが4 Kになった時点で初めて単結晶引上げ装置の運転が再開される。以上のように、GM冷凍機のメンテナンスには都合2週間から1月半近くの日数がかかり、この間の単結晶引上げ装置の運転が停止し、大きな操業損が発生してしまう。

【0008】

そこで、メンテナンスの必要のあるGM冷凍機は部品交換作業を行なうことをせずに、第1段、第2段冷却シリンダC1、C2を含むGM冷凍機一式をメンテナンス済みのものとそっくり交換することが考えられ、図12に示す構造のものが提案されている。

【0009】

すなわち、真空容器100の天板111に、真空容器100内の真空領域と隔絶するための、上方に開口部を有するスリーブ2を設置する。そして、スリーブ2の上方開口部からGM冷凍機Rの第1段、第2段冷却シリンダC1、C2を挿入し、第1段、第2段冷却シリンダC1、C2を真空容器100内の真空領域と隔絶した状態でGM冷凍機Rを設置する。

【0010】

スリーブ2は、下端に第1段冷却フランジF1を設けている第1段スリーブ2aと、第1段冷却フランジF1に上端が接続され下端部に第2段冷却フランジF2が設けられている第2段スリーブ2bとを有する。第1段スリーブ2aの開口部周縁には真空容器100の天板111に気密にボルト付けするためのフランジF3が溶接されている。前述したように、フランジ4もまた真空容器100の天板111にボルト付けされる。第1段冷却フランジF1には熱シールド容器106の天板部が伝熱可能に取り付けられている。また、第2段冷却フランジF2には超電導磁石装置等の被冷却材が伝熱的に接触している。

【0011】

なお、図12において、GM冷凍機Rの第1段コールドヘッドH1と第1段冷却フランジF1との接触面及び、第2段コールドヘッドH2と第2段冷却フランジF2との接触面には、これらの接触面の熱接触を高めるため、それぞれ約0.5～1mm厚のインジウムシート3a、3bが挿入されている。以下では、これらの接触面を熱接触界面と呼ぶ。

【0012】

図12では、スリーブ2はその肉厚を無視して1本の線で描かれており、スリーブ2の内面と第1段、第2段冷却シリンダC1、C2の外面との間には熱接触界面を除いてスペースが存在する。熱接触界面は、第1段、第2段冷却シリンダC1、C2の延在方向に直角な面である。

【特許文献1】特開2001-230459号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

上記のようなスリーブ2を使用することで、超電導磁石装置を常温に戻さずにGM冷凍機一式をそっくり交換することができる。しかしながら、上記提案による方法においても、新たにGM冷凍機を装着する際に問題がある。つまり、スリーブ2から第1段、第2段冷却シリンダC1、C2を含むGM冷凍機一式を引き抜いてそっくり交換する際には、どうしても大気暴露が必要となる。この場合、極低温になっているスリーブ2内に空気が混入してしまい、新たに挿入されるGM冷凍機のコールドヘッドとスリーブ2の熱接触界面に空気などによって形成される氷結膜ができ、熱接触（熱伝導性能）が低下してしまう。

【0014】

上記のスリーブ2を使用したメンテナンス方法の問題点をあげると、以下の通りである。

【0015】

(1) 交換時に空気などの混入を防ぐシールドユニットが必要である。

【0016】

(2) 交換はそのシールドユニット内での作業となる。

【0017】

(3) 熱接触界面に介在するインジウムシートが急冷却されて硬化し、コールドヘッド接触時の柔軟性が無くなる。

【0018】

(4) 交換時にGM冷凍機の第1段、第2段冷却シリンダC1、C2が傾いて挿入、固定されると、熱接触界面の接触面積が減少してしまう。

【0019】

(5) 交換不良の場合でもやり直しがきかない。

【0020】

(6) 交換作業手順が多いことと、作業熟練度が必要である。

【0021】

そこで、本発明の課題は、冷凍機を組み合わされる超電導磁石装置が極低温状態のままでもシールドユニット無しで簡便にメンテナンス作業を行うことができるようにすることにある。

【課題を解決するための手段】

【0022】

本発明によれば、超電導磁石装置の超電導コイルが収容される真空容器内に挿入されて超電導コイルの冷却を行う冷凍機であって、モータ駆動部と該モータ駆動部に組み付けられて該モータ駆動部により駆動されるディスプレイサと該ディスプレイサを往復動可能に収容している冷却シリンダとを含む冷凍機を前記真空容器に装着するための装着構造において、前記真空容器は、中央に単結晶引上げ装置を収容するための中空空間を有する二重円筒型であり、前記真空容器には、該真空容器内の真空領域と隔絶した状態で前記冷却シリンダを収容するためのスリーブであって該真空容器の壁に近い箇所に開口を持つスリーブが設けられており、前記冷却シリンダは、その一部が前記スリーブと面接触しており、前記冷却シリンダにおける前記ディスプレイサ挿通用の開口には、前記ディスプレイサを挿通した状態にて前記モータ駆動部が取り付けられると共に前記スリーブ内の空間を封止すべく前記スリーブ内に挿通される筒状部を持つ第1のフランジが設けられており、前記筒状部とこれに対向する前記スリーブの内壁との間には封止リングが設けられており、前記第1のフランジ及び前記冷却シリンダを残して前記モータ駆動部と前記ディスプレイサとを取り外して新たなディスプレイサと交換可能にしたことを特徴とする単結晶引上げ装置用超電導磁石装置における冷凍機の装着構造が提供される。

【0023】

本発明による冷凍機の装着構造においては、前記真空容器内に、前記中空空間を間にして対向し合う縦型配置の超電導コイルの対が少なくとも二対設けられており、隣り合う対において隣接し合う超電導コイルの中心軸のなす角を90度以下とし、しかもそれらの合成発生磁束が前記中空空間における上下方向の中心軸を通る水平磁場となるようにしている。

【0024】

本発明による冷凍機の装着構造においてはまた、前記真空容器内に、前記中空空間を間にして対向し合う縦型配置の超電導コイルの対が少なくとも二対設けられており、隣り合う対において隣接し合う超電導コイルの中心軸のなす角を90度とし、しかもそれら合成発生磁束が前記中空空間における上下方向の中心軸を通らないカスプ磁場となるようにしても良い。

【0025】

本発明による冷凍機の装着構造においては更に、前記真空容器内に、前記中空空間を取り囲むような水平配置型のリング状の超電導コイルを上下に配置し、これら上下の超電導コイルにより上側から下側に向かう平行磁束による縦磁場あるいは下側から上側に向かう

平行磁束による縦磁場を形成するようにしても良い。

【0026】

本発明による冷凍機の装着構造においては更に、前記真空容器内に、前記中空空間を取り囲むような水平配置型のリング状の超電導コイルを上下に配置し、これら上下の超電導コイルによる発生磁束を逆向きにすることにより、前記中空空間における上下方向の中心軸を通らないカスプ磁場を形成するようにしても良い。

【0027】

本発明による冷凍機の装着構造においては、前記スリーブの開口部近傍に、前記第1のフランジと対向する第2のフランジを前記真空容器からやや突出するようにして該真空容器と一体に設けて、前記第1のフランジと前記第2のフランジとの間を第1のボルトで締め付けするようにし、しかも前記第1のフランジと前記第2のフランジの間には、前記筒状部が前記スリーブへ挿入される時に前記ディスプレイサによる前記冷却シリンダの傾きを規制するためのガイドピンが少なくとも1本設けられるのが好ましい。

【0028】

本発明による冷凍機の装着構造においては、前記第1のボルトは前記第2のフランジ側から前記第1のフランジ側に向けて挿入されて該第2のフランジを遊嵌状態で貫通しており、該第1のボルトの頭部と該頭部が対向する前記第2のフランジとの間に、バネ座金を介在させることが好ましい。

【0029】

本発明によればまた、上記の単結晶引上げ装置用超電導磁石装置における冷凍機の装着構造に適用される冷凍機のメンテナンス方法であって、前記冷却シリンダの一部と前記スリーブとの面接触は、前記冷却シリンダの延在方向に関して直角な面において行われており、前記第2のフランジには、該第2のフランジに螺入されて前記第1のフランジに当接するようにされた第2のボルトが設けられており、前記ディスプレイサの交換作業に際しては、前記第1のボルトによる締め付けを緩めたうえで前記第2のボルトにより前記第1のフランジを押し上げて前記筒状部を数mm程度引き出すようにすることにより、前記スリーブと前記冷却シリンダとの間の封止を維持した状態で前記面接触を解除し、前記モータ駆動部を前記第1のフランジから取り外して前記ディスプレイサと共に前記冷却シリンダから引き抜くようにし、前記冷却シリンダ内を昇温させた後、新たなモータ駆動部とディスプレイサとの組み合わせ体を前記第1のフランジを通して前記冷却シリンダ内に挿入し、続いて倍力装置で冷凍機全体に押圧力を作用させて前記筒状部を元の位置に押し戻して前記冷却シリンダの一部と前記スリーブとを面接触させた後、前記第1のボルトによる締め付けを行うようにしたことを特徴とする単結晶引上げ装置用超電導磁石装置における冷凍機のメンテナンス方法が提供される。

【0030】

本発明による冷凍機のメンテナンス方法においては、前記倍力装置は、前記モータ駆動部の頭部側に配置されるベース板と、該ベース板と前記モータ駆動部の頭部側との間に配置される伸長力発生機構と、前記ベース板と前記第2のフランジのそれぞれに引っ掛かる爪を上下両側に有する少なくとも2枚の略コ字形状の締付け板とを含み、前記ベース板の上動を前記締付け板で拘束した状態にて前記伸長力発生機構により前記ベース板と前記モータ駆動部の頭部側とを引き離す力を発生させて前記冷凍機全体に押圧力を作用させるようにしたものである。

【発明の効果】

【0031】

本発明によれば、冷凍機の交換作業を開始することで超電導磁石装置におけるコイル本体の温度が上昇しようとしても、冷却シリンダを残してディスプレイサ及び冷凍機上部を引き抜いて作業するため、スリーブと冷却シリンダで形成された空間は真空であり、常温からの熱侵入が少なく、コイル本体の温度上昇は緩慢である。加えて、4 Kから15 K程度に上昇した時点で交換作業を終了することができるのでコイルを再度4 Kまで冷却するのに要する日数も少なく済み、作業全体がおよそ2～3日で完了してしまう。したがっ

て、本発明によれば単結晶引上げ装置の運転を停止する期間を非常に短くすることができる。

【0032】

また、コイルの温度変化の幅は、超電導磁石装置の運転を停止する従来方法の場合 4 K ~ 300 K であるが、本発明では 4 K ~ 15 K と少ないため、コイル自体や超電導磁石装置全体の熱応力サイクルによるダメージが少ない。

【0033】

更に、冷却し通電状態にあるコイルは強力な磁場を発生し、コイル巻棒などに相当の応力をかけている。このために従来方法では応力の変化によるトレーニングという現象がおき、超電導でない、いわゆるクエンチ状態を繰り返す不具合を発生するが、本発明によればその現象を軽減することができる。

【0034】

一方、本発明においてガイドピンを備えることによる効果は、以下の通りである。実際にガイドピンを装着せずに冷凍機の装著作業を実施した場合、O-リング（封止リング）摺動では、O-リングの潰し代があるため、デイスプレーサ及び冷凍機上部が傾いて斜めに挿入されると摺動面をかじってしまい、挿入が非常に難しい。本発明においては、このような現象の原因究明に多大な時間を費やした結果、ガイドピンの導入により上記の問題点を解消することができた。

【0035】

更に、油圧ジャッキなどによる挿入手段は、挿入時間の短縮に非常に意味がある。なぜならば、デイスプレーサ及び冷凍機上部を装着する際には、冷却シリンダを昇温させて常温状態にして素早くデイスプレーサを挿入しなければ、コイルによって冷却シリンダだけが再び冷却されて収縮し、口径が狭くなって、まだ温度の高いデイスプレーサが冷却運転をしようとしても動かなくなってしまうことがあるからである。また、熱接触界面に設置されるインジウムシートは、弱く遅い力で押し込まれても反発力が発生せず、以後の熱伝導が悪くなってコイルが良く冷えないという現象が発生した。このため、図12で説明したようなネジによる締付け手段で挿入することは現実的ではなかった。

【0036】

以上の点を要約すると、本発明の効果は以下の通りである。

【0037】

1) メンテナンスにて冷凍機を交換した場合の性能劣化が極めて少なく、交換不良が認められた時でもやり直しを行うことができる。

【0038】

2) 交換作業は非常に簡便で短時間で実施できる。

【0039】

3) メンテナンス費用が安価で済む。

【0040】

4) メンテナンス作業のもたらす単結晶引上げ装置の稼動損を最小限にできる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0041】

はじめに、図2を参照して、本発明によるメンテナンスの対象となる冷凍機の装着構造について説明する。本例はGM冷凍機に適用した場合である。本構造の特徴は、スリーブ2の開口部におけるフランジ21（第2のフランジ）と、これに対応する箇所第1段冷却シリンダC1の上部開口周縁に設けられたフランジ41（第1のフランジ）、及びこれらの周辺構造にある。他の部分の構造は、図11、図12で説明したのと実質上同じであり、それゆえ同じ部分には同じ参照番号を付している。なお、スリーブ2は真空容器10と一体化されている。つまり、スリーブ2はフランジ21を有する形態にて真空容器10に溶接等により固着されていても良いし、真空容器10に設けられたフランジ21にスリーブ2が溶接等により固着されていても良い。以下では、前者の場合について説明する。

【0042】

GM冷凍機は、超電導磁石装置が収容される真空容器（後述する）に挿入されて超電導コイルの冷却を行うものであり、モータ駆動部Mと、モータ駆動部Mに組み付けられてモータ駆動部Mで駆動されるディスプレイサ（図示せず）と、このディスプレイサを往復動可能に収容している冷却シリンダとを含む。冷却シリンダは、ここでは第1段、第2段冷却シリンダC1、C2から成る。

【0043】

第1段冷却シリンダC1の下端部には第1段コールドヘッドH1が、第2段冷却シリンダC2の下端部には第2段コールドヘッドH2がそれぞれ形成されている。第1段冷却シリンダC1の上部開口周縁には、モータ駆動部Mを取り付けると共に真空容器への取り付け、厳密に言えばフランジ21を介しての真空容器への取り付けのためのフランジ41が設けられている。ディスプレイサはフランジ41の開口を通して第1段、第2段冷却シリンダC1、C2内に挿入される。

【0044】

スリーブ2は、下端に第1段冷却フランジF1を設けている第1段スリーブ2aと、第1段冷却フランジF1に上端が接続され下端部に第2段冷却フランジF2が設けられている第2段スリーブ2bとを有する。第1段スリーブ2aの開口部周縁には真空容器10への取り付けのためのフランジ21が設けられている。フランジ21のやや下方には、フランジ21と同様のフランジ状のものが示されているが、これは後述される真空容器の壁体の一部となるものである。換言すれば、フランジ21は、真空容器からやや突出するように設けられる。その理由も、後述する説明で明らかになる。

【0045】

なお、本例においても、GM冷凍機Rの第1段コールドヘッドH1と第1段冷却フランジF1との熱接触界面及び、第2段コールドヘッドH2と第2段冷却フランジF2との熱接触界面には、これらの接触面の熱接触を高めるため、それぞれ約0.5～1mm厚のインジウムシート3a、3bが設けられている。

【0046】

本GM冷凍機Rにおいても、第1段コールドヘッドH1で70～40Kに、第2段コールドヘッドH2で20～4Kまで極低温にすることが可能であり、各段のコールドヘッドにより被冷却物が所定温度まで冷却される。つまり、図12で説明したのと同様に、第1段冷却フランジF1には真空容器内に配置される熱輻射シールド体（後述する）の天板部が伝熱可能に取り付けられ、第2段冷却フランジF2には超電導磁石装置の超電導コイルが伝熱可能に組み合わせられる。

【0047】

図2でも、スリーブ2はその肉厚を無視して1本の線で描かれており、スリーブ2の内面と第1段、第2段冷却シリンダC1、C2の外表面との間には熱接触界面を除いてスペースが存在する。熱接触界面は、第1段、第2段冷却シリンダC1、C2の延在方向に直角的な面である。

【0048】

スリーブ2のフランジ21に対応する箇所、すなわち第1段冷却シリンダC1の上部開口周縁に設けられたフランジ41は、ディスプレイサを挿通した状態にてモータ駆動部Mを取り付けるための環状の板部材41-1と、この板部材41-1と共にスリーブ2内の空間を封止すべくスリーブ2の上部に挿通される筒状部41-2とを有する。板部材41-1と筒状部41-2はボルト（図示せず）等により一体化され、これらの接合部にはシール用のOリング（封止リング）41-3が設けられている。このようにして、第1段、第2段冷却シリンダC1、C2は、真空容器内の真空領域と隔絶した状態でスリーブ2に収容される。

【0049】

なお、筒状部41-2とこれに対向するスリーブ2の内壁との間をゴム製のOリング（封止リング）42でシールするようにしている。これは、後で説明されるように、筒状部41-2はスリーブ2に対して上下動可能にされているため、スリーブ2の内面と筒状

部 4 1-2 の外面との間にはわずかな隙間があり、この隙間を通しての封止漏れを防ぐためである。

【0050】

フランジ 4 1 とフランジ 2 1 との間は、等角度間隔をおいて設けられる複数のボルト 4 3 (第 1 のボルト) で、フランジ 2 1 の下側から締め付けするようにしている。なお、後述する理由により、ボルト 4 3 はフランジ 2 1 には遊嵌状態で挿通されている。図示していないが、フランジ 2 1 には更に、その下面側から螺入されてフランジ 4 1 の下面側に当接する複数のボルト (第 2 のボルト) が設けられる。これら複数の第 2 のボルトは、例えばボルト 4 3 の間に設けられても良く、その使用目的については後述する。加えて、フランジ 4 1 とフランジ 2 1 には、筒状部 4 1-2 がスリーブ 2 へ挿入される時にディスプレイサによって第 1 段、第 2 段冷却シリンダ C 1、C 2 に傾きが生じてしまうことを規制するためのガイドピン 4 4 が少なくとも 1 本、ここでは 90 度の等角度間隔をおいて 4 本設けられている。ガイドピン 4 4 はフランジ 2 1 に立設され、これに対応する筒状部 4 1-2 及び板部材 4 1-1 に貫通穴が設けられている。

【0051】

更に、複数のボルト 4 3 のすべて、あるいは何本かのボルト 4 3 の頭部とこの頭部が対向するフランジ 2 1 との間には、バネ座金 4 5 を介在させている。バネ座金 4 5 は、ボルト 4 3 を介してフランジ 4 1 を図中下側に引き込もうとする付勢力を発生する。つまり、最初の冷却開始時に第 1 段冷却シリンダ C 1 が冷却されることにより、第 1 段冷却シリンダ C 1 は収縮する。これにより、第 1 段コールドヘッド H 1 が第 1 段冷却フランジ F 1 から離れようとするが、バネ座金 4 5 によって第 1 段冷却シリンダ C 1 が押し上げられることにより、第 1 段コールドヘッド H 1 と第 1 段冷却フランジ F 1 との間の面接触が維持される。4 6 は、スリーブ 2 と第 1 段、第 2 段冷却シリンダ C 1、C 2 との間の空間の真空引きを行うために真空ポンプ等の減圧手段が接続されるコネクタである。つまり、GM 冷凍機 R が最初に真空容器に装着された時には、コネクタ 4 6 に減圧手段を接続してスリーブ 2 と第 1、第 2 段冷却シリンダ C 1、C 2 との間のスペースの真空引きが行われる。

【0052】

図 3 を参照して、本発明が適用される冷凍機冷却型超電導磁石装置の概要について説明する。図 3 において、この超電導磁石装置は、中央部に中空空間 (大気空間) を有する 2 重円筒状の真空容器 10 と、真空容器 10 内に縦に配置されて水平磁場を発生するための 2 対のソレノイド状の超電導コイル 11 a ~ 11 d と、各超電導コイルを冷却するための GM 冷凍機 (図示せず) とを含む。

【0053】

本例では特に、2 対の超電導コイル 11 a ~ 11 d を、一方の対の超電導コイル 11 a と 11 b、他方の対の超電導コイル 11 c と 11 d がそれぞれ中空空間を間にして対向し合い、かつ一方の対の超電導コイル 11 a と 11 b の中心を結ぶ線分 L 1 と他方の対の超電導コイル 11 c と 11 d の中心を結ぶ線分 L 2 との間の配置角 θ が $40^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ となるように隣接させて固定配置している。この超電導磁石装置は、例えば MCZ 法による単結晶引上げ装置用磁場発生装置として使用される。

【0054】

図 1 を参照して、真空容器 10 は単結晶引上げ装置の周囲を囲むことのできる二重円筒構造を有している。単結晶引上げ装置は真空容器 10 の内側に形成される中空空間に配置される。真空容器 10 には、通常 2 個以上の GM 冷凍機 R (図 1 では 1 個のみ図示) が備えられる。ここでは、GM 冷凍機 R は真空容器 10 の上側から挿入可能にされているが、下側から挿入される場合もある。前述した 2 対の超電導コイル 11 a ~ 11 d (11 b のみ図示) は、単結晶引上げ装置のルツボ内の溶融シリコンに対してここでは水平磁界を与える。

【0055】

2 対の超電導コイル 11 a ~ 11 d 及びこれらを支持している構造体 13 は、スリーブ 2 の下部と共に、真空容器 10 内に配置された二重円筒型の熱輻射シールド体 15 に収容

されている。この熱輻射シールド体15は、輻射熱の侵入を防止するためのものである。スリーブ2は、熱輻射シールド体15の上部を貫通して下方に延びている。熱輻射シールド体15とスリーブ2との間の熱収縮による応力発生を防止するために、スリーブ2の第1段冷却フランジF1と熱輻射シールド体15との間は、網線や多層板による可撓性伝熱体25aで連結されている。超電導コイル11a~11d、構造体13、及び熱輻射シールド体15は、真空容器10内の底部に設けられた複数の垂直方向荷重支持体16で支持されている。

【0056】

真空容器10の側壁には、この側壁をシール状態にて貫通すると共に、熱輻射シールド体15を貫通して構造体13に連結された複数の水平方向荷重支持体17を設けている。真空容器10の外周には上面磁気シールド体26-1、側面磁気シールド体26-2、及び下面磁気シールド体26-3から成る磁気シールド体26を設けて、外周部の漏洩磁界を低減できるようにしている。

【0057】

スリーブ2の第2段冷却フランジF2は、構造体13に設けられた接続部13-1の近くに位置している。そして、第2段冷却フランジF2と接続部13-1との間を、可撓性を有する多層板状伝熱部材14で接続している。その結果、コイル固定用構造体13とスリーブ2との間の熱収縮による応力発生が防止される。

【0058】

ところで、図3のコイル配置は水平磁場を発生させる例であって、図3(b)に示されるように、2対の超電導コイルの合成磁界方向がほぼ同じ向きであり、超電導磁石装置の中心(真空容器の中空空間の中心)を磁場が横切るようにしている。

【0059】

図4~図6を参照して、図3のコイル配置とは異なる、真空容器内におけるコイル配置の他の例を説明する。図4、図5は、カスプ磁場発生用のコイル配置を示す。図4に示すコイル配置と図5に示すコイル配置は、カスプ磁場を発生するという点では同じであるが、以下の点で異なる。つまり、図5では2つの超電導コイル71a、71bが中心軸を上下方向に向けて、いわば水平にして上下に配置されているが、図4の例では、後で詳しく説明されるように、超電導コイルは縦、つまりコイル中心軸が水平方向を向くようにした状態で配置されている。特に、隣り合ったコイルによる磁界の方向が異なり、超電導磁石装置の中心を磁場が横切らないようにしている。図4の例の場合、図3の例と同様、超電導コイルを支持するための円筒状のコイル冷却用熱伝導体の外周側に、超電導コイル毎に環状の巻棒13-3(図1参照)が形成されることになる。

【0060】

図4の例では、中心軸が鉛直方向を向いている中空空間を有する二重円筒構造の真空容器10内に、同じ仕様の2対の超電導コイル11a、11b、21a、21bが、各対の超電導コイルの中心を結ぶ線分が中空空間の中心において互いに直交するように縦にして配置されている。更に言えば、2対の超電導コイル11a、11b、21a、21bは、各対の超電導コイルが真空容器10の中空空間を間にして互いに対向し合い、しかも各超電導コイルが中空空間の中心軸を取り囲み、かつ各対の超電導コイルの対称面が前記中心軸を含むように配置されている。そして、互いに隣り合う超電導コイルの発生磁場方向が逆向きになるように通電される。

【0061】

その結果、図4(b)に示すように、中空空間の中心軸に対して4回対称のカスプ型磁力線分布が得られる。

【0062】

一方、図5の場合には、上下の超電導コイル71a、71bに互いに逆向きの磁界を形成するように電流を流すことにより、縦カスプと呼ばれる磁場が形成される。

【0063】

次に、図6の例では2つの超電導コイル81a、81bが図5の例と同様、水平にして

上下に配置されているが、図5の例とは磁場の発生形態が異なる。つまり、図6の例では、超電導コイル81a、81bに同じ向きで電流を流すことにより、磁束が上側の超電導コイル81aから下側の超電導コイル81bに向けて、あるいはその逆方向に平行磁束が発生される。いずれにしても、図5、図6の場合、超電導コイルの巻枠は、真空容器10の内側の円筒より径の大きいリング状にされることになる。

【0064】

図1に戻って、超電導磁石装置の中空空間、つまり真空容器10の中空空間内に配置された単結晶引上げ装置は、引上げ炉A内に設置されたルツボ52内の熔融シリコン53にワイヤ56（もしくは引上げ軸）下端の種結晶ホルダ57に取付けた種結晶（図示せず）を浸漬させ、自然凝固により単結晶を形成し、ワイヤ56を回転させながら引上げて単結晶54を成長させるものである。ルツボ52内の単結晶材料は、ルツボ52の周囲に設けられたヒータ51の熱により熔融される。ヒータ51の周囲には断熱のための熱シールド材55が設けられており、熱シールド材55の上方中央には単結晶引上げ作業の障害とならないよう開口部55aが形成されている。

【0065】

GM冷凍機Rは、メンテナンスの際には、第1段、第2段冷却シリンダC1、C2を残し、モータ駆動部Mとディスプレイサとを抜き出して新たなモータ駆動部及びディスプレイサと交換する。

【0066】

この交換作業を図7～図9をも参照して説明する。

【0067】

交換作業に際しては、GM冷凍機Rの運転を停止し、フランジ21とフランジ41との間のボルト43による締め付けを緩める。そして、前述した第2のボルトを回すことによりフランジ41を上方に押し上げてGM冷凍機R全体を押し上げる。この時、スリーブ2からフランジ41の筒状部41-2をすべて引き抜かず（つまり、スリーブ2内を大気に暴露しない）に、Oリング42によるシールができる範囲でGM冷凍機R全体を押し上げる。この引上げ量は数mm、例えば2～3mm程度である。この操作によりGM冷凍機Rの第1段、第2段冷却シリンダC1、C2はスリーブ2から離れる。つまり、第1段、第2段コールドヘッドH1、H2とスリーブ2との面接触が無くなり、各熱接触界面における伝熱は行われなくなる。

【0068】

次に、極低温状態にてGM冷凍機Rの第1段、第2段冷却シリンダC1、C2はそのまま固定でディスプレイサをモータ駆動部Mと共に引き抜き、新たなディスプレイサをモータ駆動部と共に装着する。

【0069】

図7は、モータ駆動部MがディスプレイサD1、D2と共に引き抜かれ、スリーブ2と第1段、第2段冷却シリンダC1、C2との面接触、厳密に言えば、第1段スリーブ2aと第1段コールドヘッドH1との間の面接触、及び第2段スリーブ2bと第2段コールドヘッドH2との間の面接触が解除されている状態を示す。

【0070】

図7の状態において、新たなモータ駆動部及びディスプレイサを第1段、第2段冷却シリンダC1、C2内に装着する前に、抜け殻となっている大気暴露された第1段、第2段冷却シリンダC1、C2の内部は低温であるため、氷結膜と霜で覆われている。そこで、図8に示すように、第1段、第2段冷却シリンダC1、C2の内部を加熱装置（ドライヤなど）50を挿入して昇温させ、氷結膜や霜を除去及びクリーニングする。昇温温度は約20～40℃で良い。昇温の目的は前述の他に、第1段、第2段コールドヘッドH1、H2の下端面に取り付けられているインジウムシート（図2の3a、3b）を軟化させることも含まれる。

【0071】

いずれにしても、スリーブ2と第1段、第2段冷却シリンダC1、C2の間にはO-

リング 4 2 により封止された真空空間が存在し、スリーブ 2 と第 1 段、第 2 段冷却シリンダ C 1、C 2 との面接触が遮断されているので、真空容器 1 0 側の低温により第 1 段、第 2 段冷却シリンダ C 1、C 2 が直接的に冷却されることは無くなる。逆に、大気露出されている第 1 段、第 2 段冷却シリンダ C 1、C 2 を通しての真空容器 1 0 側への熱侵入も防止できるので、真空容器 1 0 側の温度上昇も最小限にすることができる。

【0072】

新たなモータ駆動部及びディスプレイサを装着する前に、第 2 のボルトでフランジ 4 1 を押し上げた状態を元に戻す。そして、第 1 段、第 2 段冷却シリンダ C 1、C 2 を数 mm 引き上げた状態を元に戻すため、図 9 に示すように、油圧あるいは機械的に押圧力を発生する倍力装置 6 0 を使用して GM 冷凍機 R 全体を押し下げる。この場合、ガイドピン 4 4 によりディスプレイサによる第 1 段、第 2 段冷却シリンダ C 1、C 2 の傾きが抑制され、ほぼ元の位置に戻る。また、インジウムシートが軟化されていることから僅かな傾きがあったとしても柔軟に面接触が可能になる。

【0073】

以上のような作用により、第 1 段、第 2 段コールドヘッド H 1、H 2 の伝熱性能は交換前と同等の性能を確保できる。

【0074】

図 9 を参照して、磨耗部品の交換等が終了したモータ駆動部及びディスプレイサあるいは新たなモータ駆動部及びディスプレイサを第 1 段、第 2 段シリンダ C 1、C 2 に挿入する方法を詳しく説明する。第 1 段、第 2 段冷却シリンダ C 1、C 2 はスリーブ 2 から離間し、第 1 段、第 2 段冷却シリンダ C 1、C 2 とスリーブ 2 との間は真空中である。とはいえ、超電導コイルは極低温のままであり、第 1 段、第 2 段冷却シリンダ C 1、C 2 はある程度冷却されており、第 1 段、第 2 段冷却シリンダ C 1、C 2 を大気開放すると結露し、かつ冷却によって口径が狭くなっている。このため、そのままでは第 1 段、第 2 段冷却シリンダ C 1、C 2 へのディスプレイサの挿入が難しいので、ドライヤ等の加熱手段で第 1 段、第 2 段冷却シリンダ C 1、C 2 の温度を常温程度まで上げる。

【0075】

次に、ディスプレイサを第 1 段、第 2 段冷却シリンダ C 1、C 2 に挿入し、ボルト 4 3 によりフランジ 2 1、4 1 の間を若干締め付ける。この時、フランジ 2 1 とフランジ 4 1 との間には締め代が残っている。その後、あとで詳しく説明される倍力装置 6 0 で速やかに GM 冷凍機 R 全体に押下げ力を加えて第 1 段、第 2 段コールドヘッド H 1、H 2 の端部をそれぞれスリーブ 2 の第 1 段、第 2 段冷却フランジ F 1、F 2 に接触させ、フランジ 2 1 とフランジ 4 1 との間に締め代が残らないようにボルト 4 3 によって締め付けを行うことにより GM 冷凍機 R を真空容器 1 0 に固定する。

【0076】

倍力装置 6 0 は、図 1 0 に示すように、断面コ字形のベース板 6 1、複数のボルト 6 2 によりベース板 6 1 の上端に固着される補強板 6 3、上下両端に爪 6 4-1 を有すると共に、上下方向に延びる補強用のリブ 6 4-2 を持つ 2 枚の締め付け板 6 4、油圧ジャッキ 6 5、油圧ジャッキ 6 5 とモータ駆動部 M の頭部との間に介在させるための治具 6 6 とを有する。

【0077】

なお、ネジ棒 6 7、コイルスプリング 6 8、ナット 6 9 は、GM 冷凍機 R が真空容器 1 0 の下側から挿入される場合に使用される。つまり、ベース板 6 1、締め付け板 6 4、油圧ジャッキ 6 5 等は機械的に一体化されていないので、GM 冷凍機 R を真空容器 1 0 の下側から挿入する場合にはネジ棒 6 7 でベース板 6 1 をフランジ 4 1 から吊り下げた状態に保持する。このため、フランジ 4 1 の上面には、ネジ棒 6 7 を所定深さまで螺入可能なネジ穴が設けられる一方、ベース板 6 1 の下側には 4 つのコーナ部にそれぞれ脚部 6 1-1 が設けられて、この脚部 6 1-1 にネジ棒 6 7 が挿通可能にされている。これにより、ネジ棒 6 7 とナット 6 9 とでベース板 6 1 がフランジ 4 1 から吊り下げられる。

【0078】

さて、2枚の締め付け板64は上下に直角に折り曲げられた爪64-1を持つ肉厚の銅板であり、下側の爪64-1を真空容器10側、つまりフランジ21の下側に引っ掛ける。2枚の締め付け板64は左右対称に設置され、上側の爪64-1はベース板61の上端に引っ掛ける。ベース板61の下面とGM冷凍機Rにおけるモータ駆動部Mの頭部との間には、油圧ジャッキ65が介在される。ここで、GM冷凍機Rにおけるモータ駆動部Mの頭部は、通常、図2に示すように、突起部M1や複数のボルトの頭部M2が存在しているので、油圧ジャッキ65が不安定にならないようにするために治具66が用いられる。治具66は、上記の突起部M1や複数のボルトの頭部M2を収容可能な凹部を下面側に有すると共に、油圧ジャッキ65の伸長部65-1を収容可能な凹部を上面側に有する。

【0079】

このようにして、モータ駆動部Mの上部の突起部を無くし、治具66とベース板61との間に油圧ジャッキ65を介在させる。

【0080】

油圧ジャッキ65は円柱形をしており、図示しない油圧パイプにて圧油を送られると中央にある伸長部65-1が伸張する構造になっている。伸長部65-1が伸張することにより、ベース板61は上方に持ち上げられようとするが、締め付け板64の爪64-1で拘束されているのでモータ駆動部Mに下方への押し下げ力が作用してGM冷凍機Rは全体的に押し下げられる。つまり、ベース板61が上方に持ち上げられようすると、下側の爪64-1はフランジ21の下側に引っ掛かっており、上側の爪64-1はベース板61の上側に引っ掛かっているため、ベース板61の上動が阻止される結果、ディスプレイサ及び第1段、第2段冷却シリンダC1、C2はフランジ41と共にガイドピン44（図2参照）に沿って正確に真空容器10内のスリーブ2へと挿入される。

【0081】

なお、油圧ジャッキ等に含まれる機構的な倍力装置とは、人力等の弱い力を螺子パンタグラフ式ジャッキ等の機構を用いて、強力かつ、すばやく伸張する力に変換する装置のことである。この種の倍力装置は、油圧ジャッキの他に空気圧を利用したものや電磁力を利用したもの、更にはモータとボール螺子の組み合わせによる変換機構等も含む。

【産業上の利用可能性】

【0082】

以上、本発明の実施の形態をGM冷凍機の場合について説明したが、本発明は他の冷凍機にも適用され得ることは言うまでも無く、単結晶引上げ装置用の超電導磁石装置に使用されるのに適している。

【図面の簡単な説明】

【0083】

【図1】本発明が適用される単結晶引上げ装置及びそのための超電導磁石装置の構成例を示した断面図である。

【図2】本発明が適用されるGM冷凍機について示した構造図である。

【図3】図1に示された超電導磁石装置における超電導コイルの配置例を説明するための図である。

【図4】図1に示された超電導磁石装置における超電導コイルの他の配置例を説明するための図である。

【図5】図1に示された超電導磁石装置における超電導コイルの更に他の配置例を説明するための図である。

【図6】図1に示された超電導磁石装置における超電導コイルのより他の配置例を説明するための図である。

【図7】図1に示されたGM冷凍機におけるモータ駆動部及びディスプレイサを交換のために取り外した状態を示した図である。

【図8】図7に示されたモータ駆動部及びディスプレイサの取出し後に、冷却シリンダに対して行われる氷結膜や霜の除去作業を説明するための図である。

【図9】図8に示された氷結膜や霜の除去作業の後に、新たなモータ駆動部及びデ

スプレーサを装着する作業を説明するための図である。

【図 1 0】図 9 に示された作業に使用される倍力装置の構成を説明するための分解図である。

【図 1 1】従来の GM 冷凍機の構造を説明するための図である。

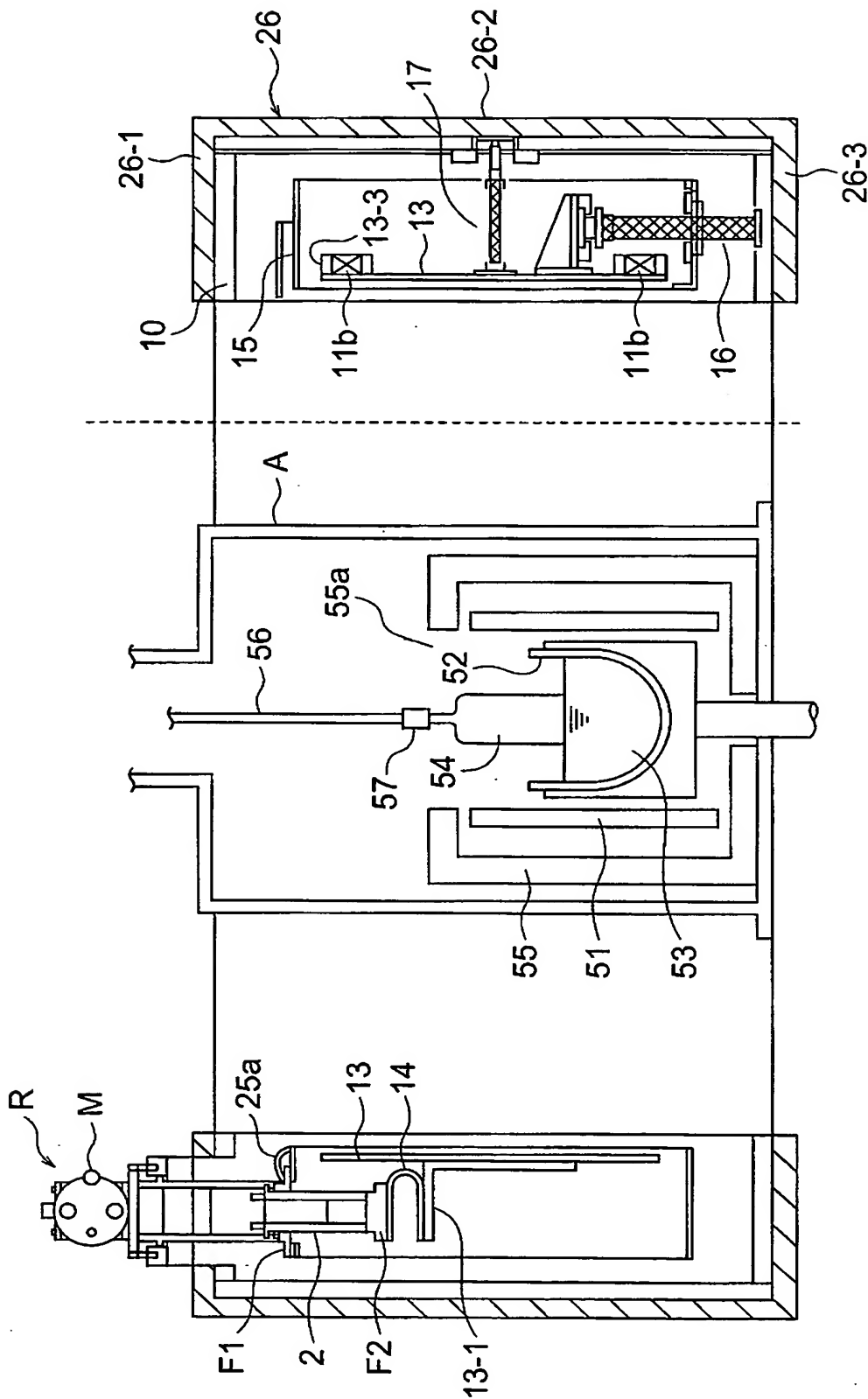
【図 1 2】図 1 1 の GM 冷凍機を真空容器に装着した状態を説明するための図である。

【符号の説明】

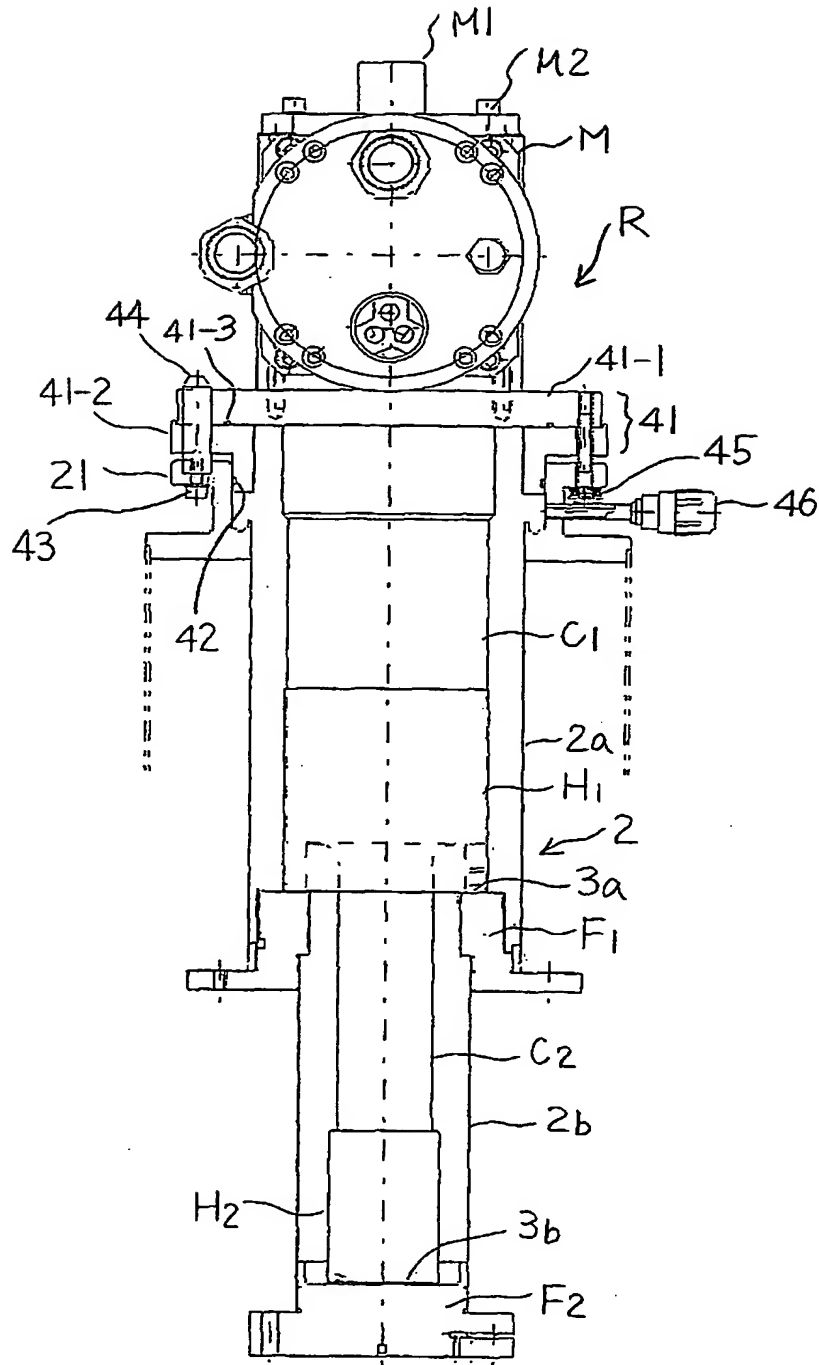
【 0 0 8 4 】

- A 引上げ炉
- C 1、C 2 第 1 段、第 2 段冷却シリンダ
- D 1、D 2 ディスプレーサ
- F 1、F 2 第 1 段、第 2 段冷却フランジ
- H 1、H 2 第 1 段、第 2 段コールドヘッド
- M モータ駆動部
- R GM 冷凍機
- 2 スリーブ
- 3 a、3 b インジウムシート
- 4、2 1、4 1、 フランジ
- 1 0、1 0 0 真空容器
- 1 1 a～1 1 d、7 1 a、7 1 b、8 1 a、8 1 b 超電導コイル
- 1 3 構造体
- 1 5 熱輻射シールド体
- 1 6 垂直方向荷重支持体
- 1 7 水平方向荷重支持体
- 4 1 - 1 板部材
- 4 1 - 2 筒状部
- 4 1 - 3、4 2 O - リング
- 4 4 ガイドピン
- 4 5 バネ座金
- 4 6 コネクタ
- 6 0 倍力装置
- 5 1 ヒータ
- 5 2 ルツボ
- 5 3 溶融シリコン
- 5 4 単結晶
- 5 5 熱シールド材
- 5 6 ワイヤ
- 5 7 種結晶ホルダ
- 1 0 6 熱シールド容器

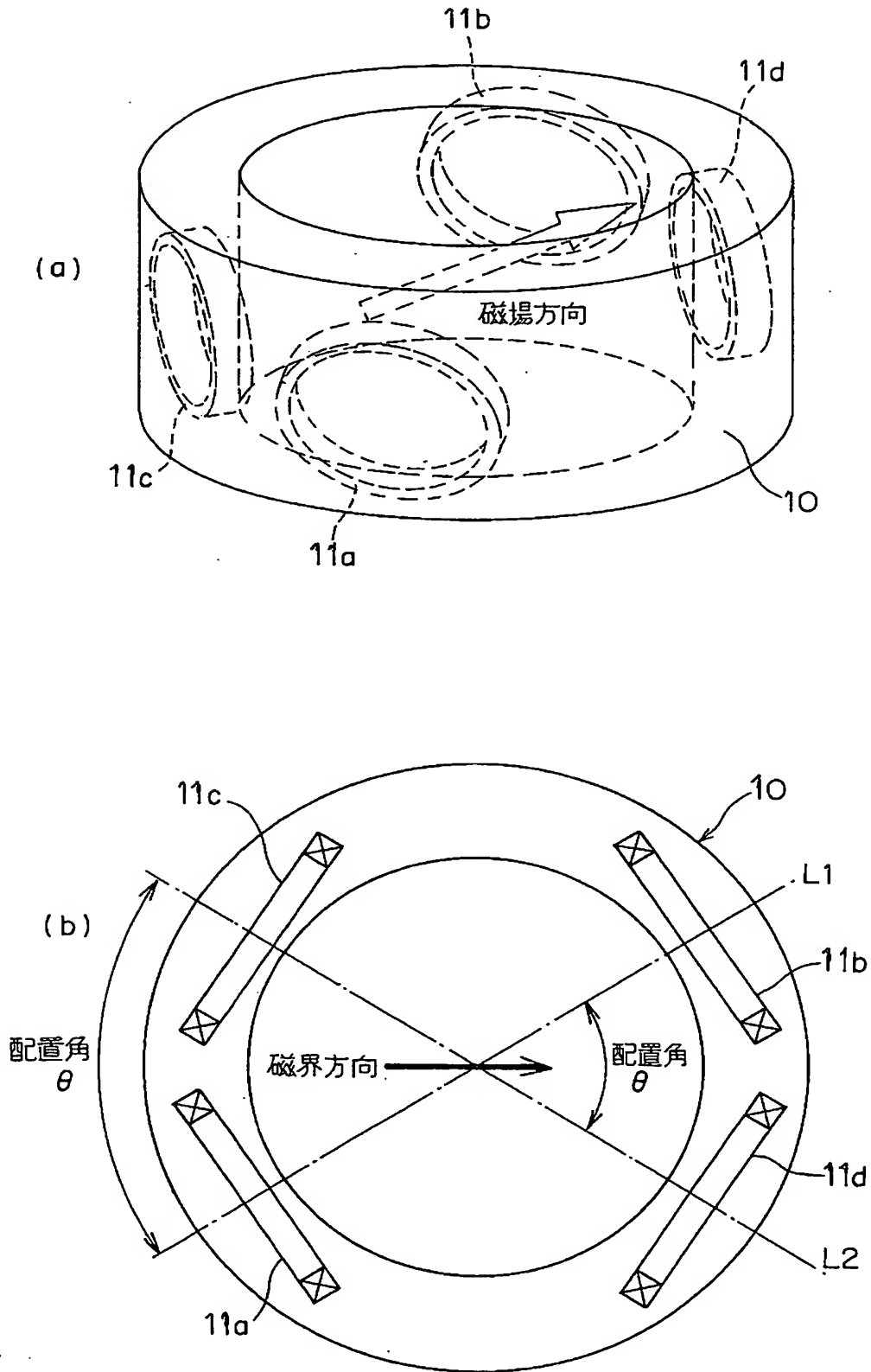
【書類名】 図面
【図 1】



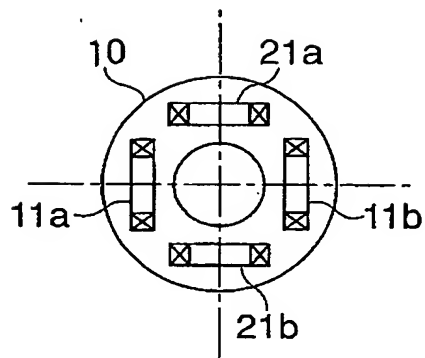
【図 2】



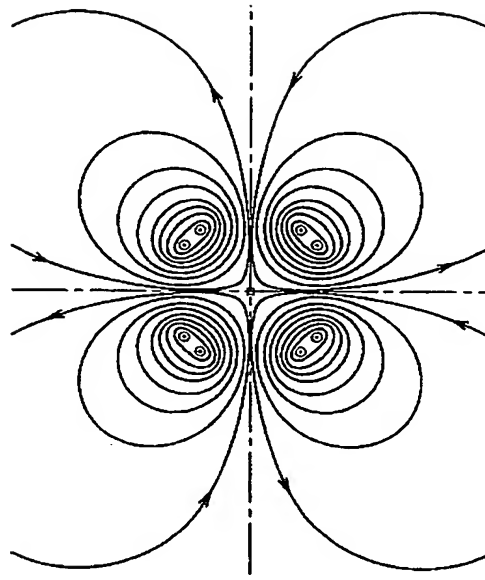
【図 3】



【図 4】

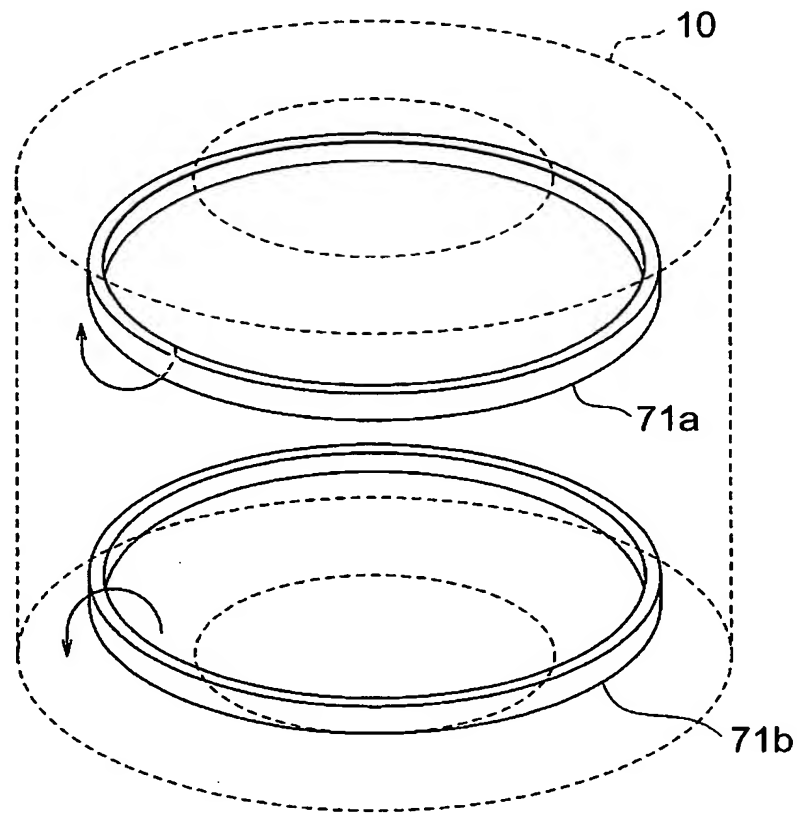


(a)

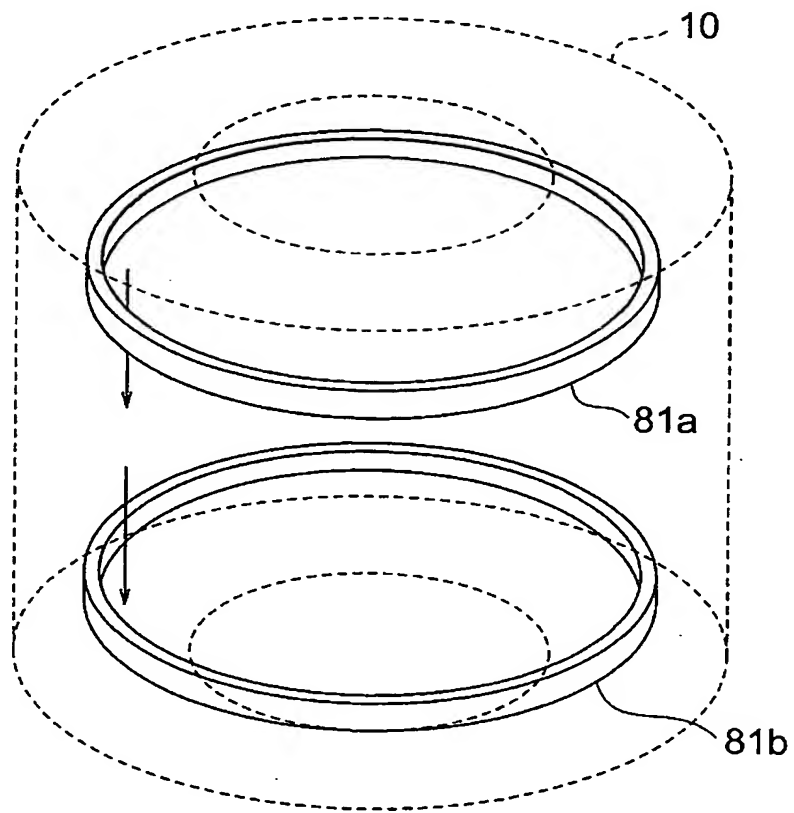


(b)

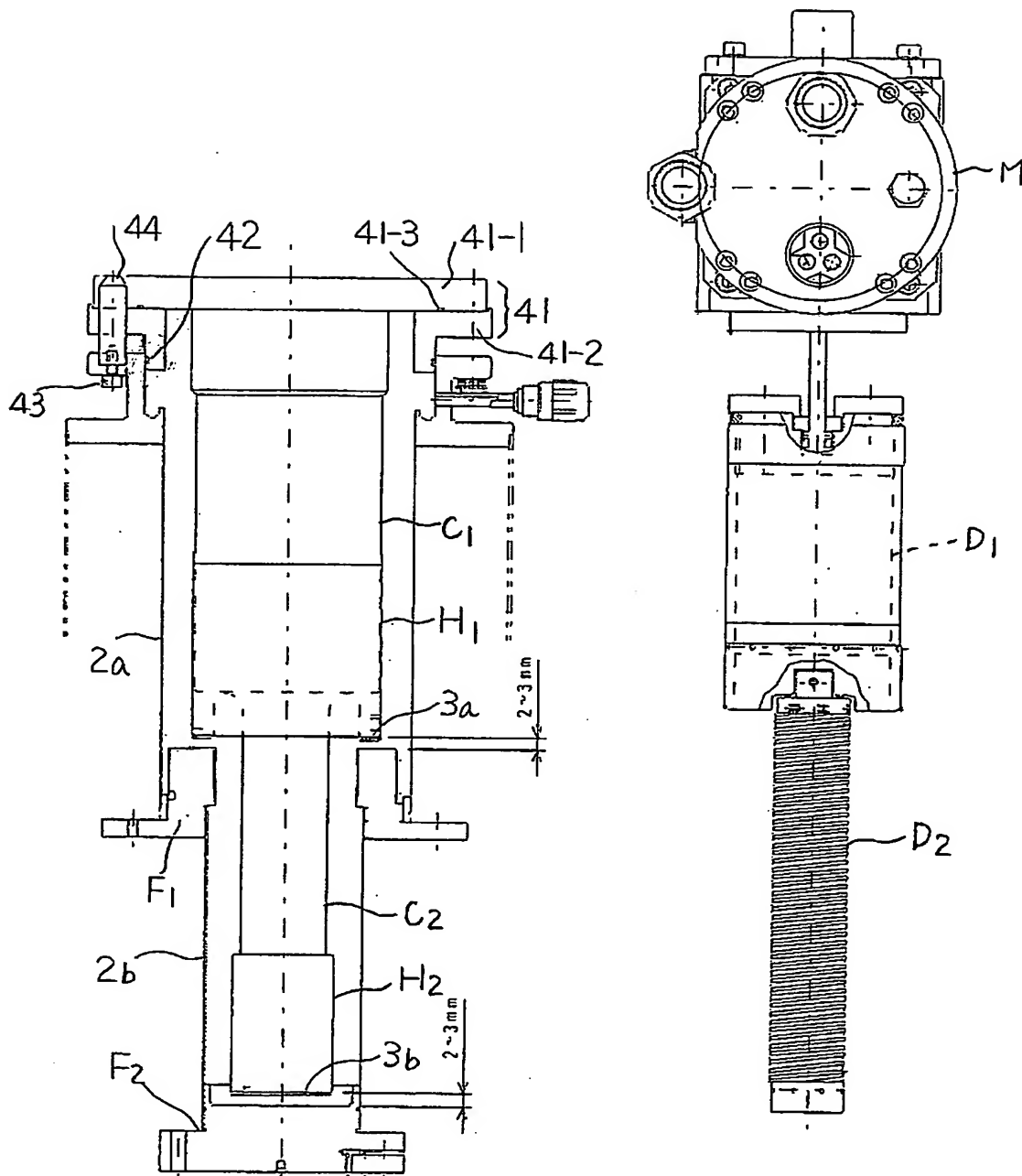
【図 5】



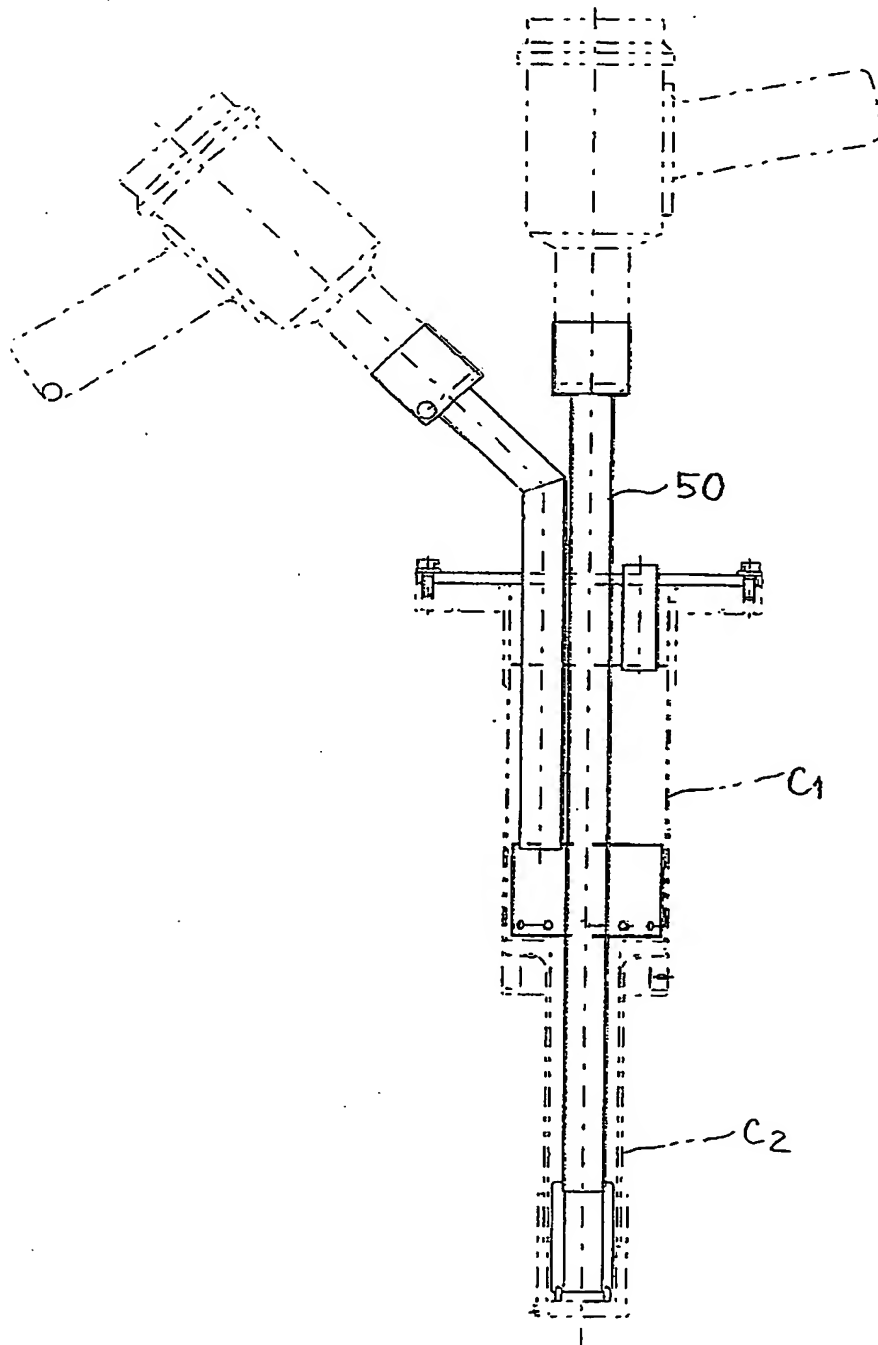
【図 6】



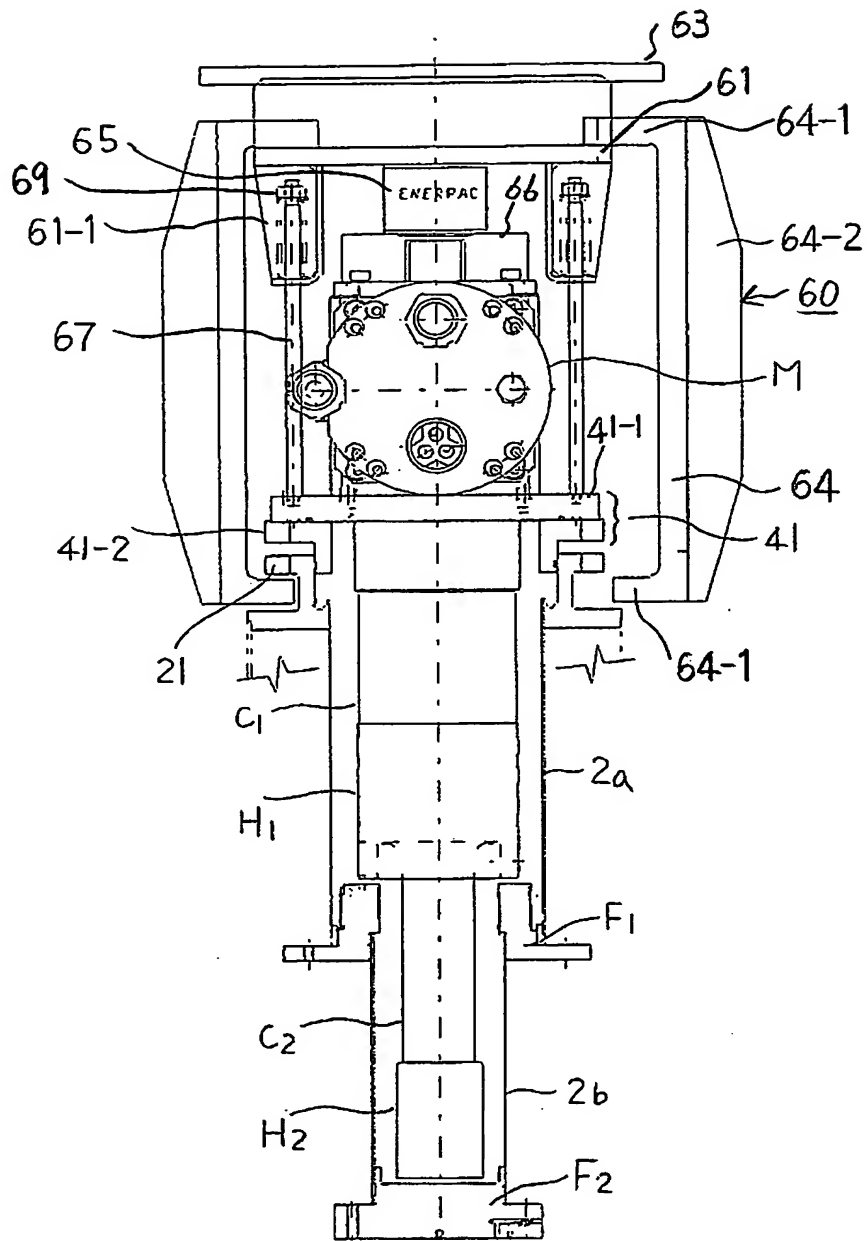
【図 7】



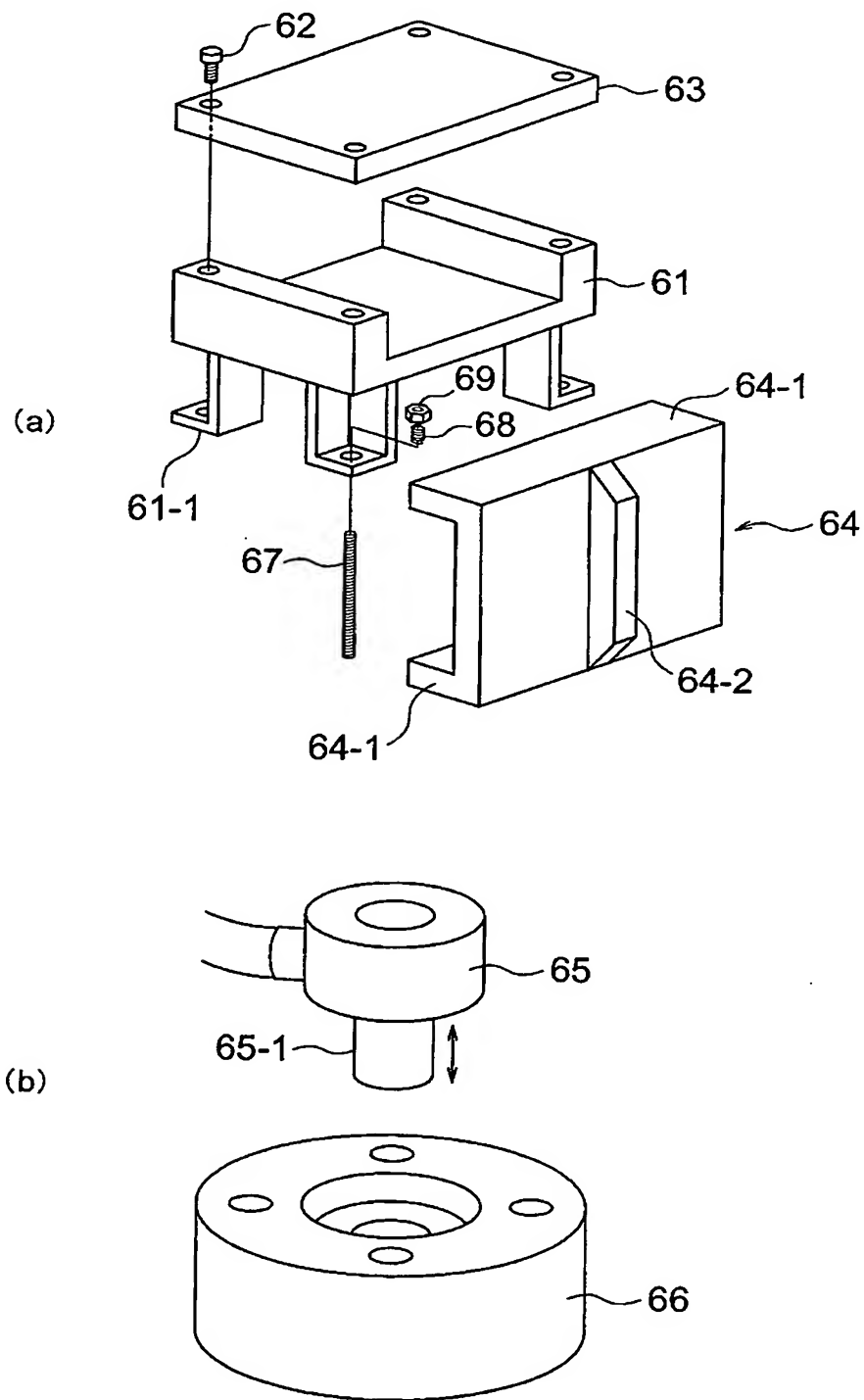
【図 8】



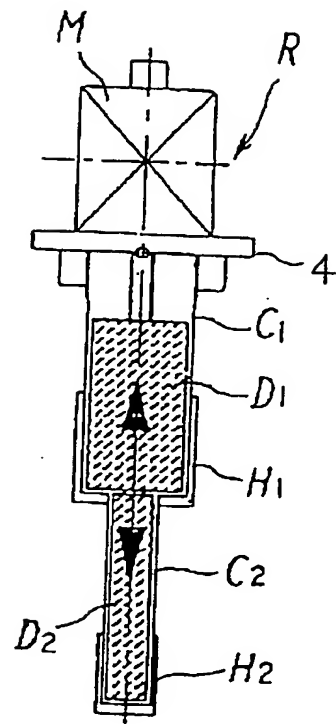
【図 9】



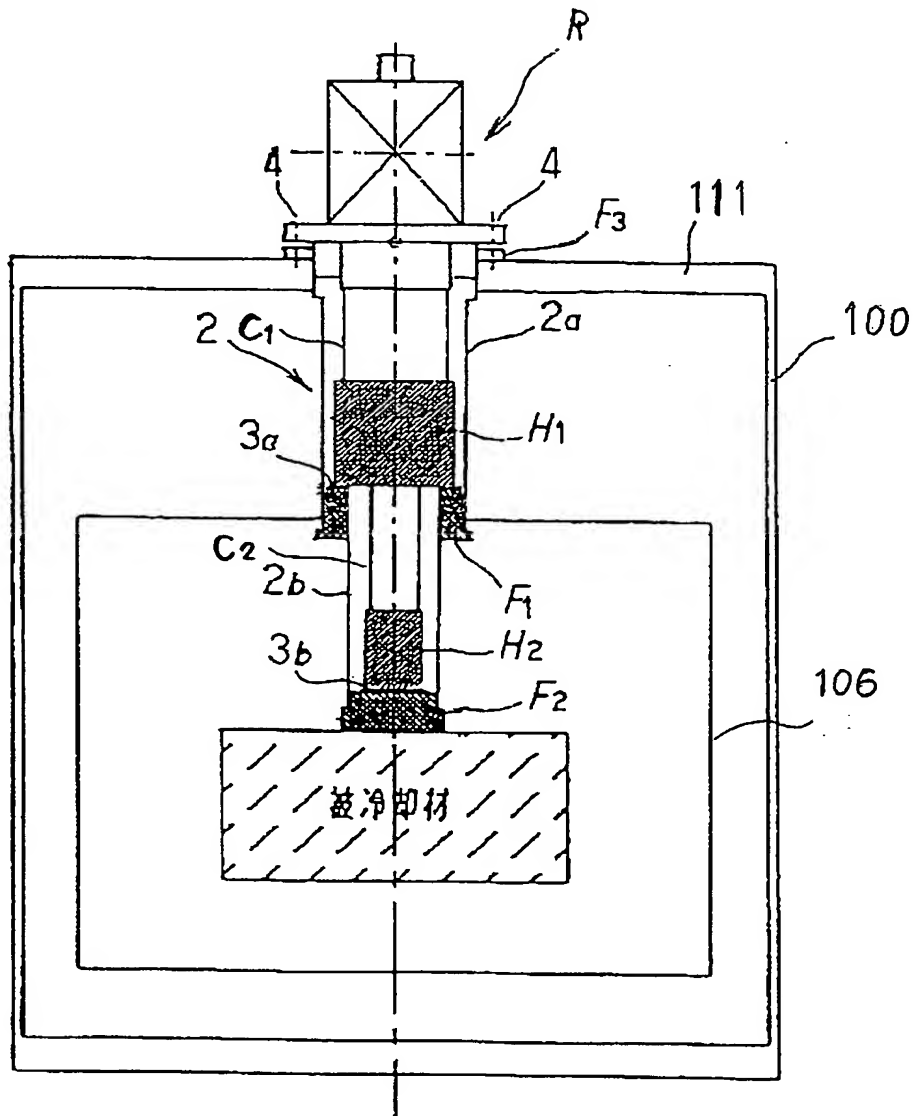
【図 10】



【図 11】



【図 12】



【書類名】 要約書**【要約】**

【課題】 冷凍機を組み合わされる超電導磁石装置が極低温状態のままで簡便にメンテナンス作業を行うことができるようにする。

【解決手段】 単結晶引上げ装置用超電導磁石装置の超電導コイルが収容される真空容器 10 内に挿入されて超電導コイルの冷却を行う冷凍機 R であって、モータ駆動部 M とこれに組み付けられてモータ駆動部により駆動されるディスプレーサとディスプレーサを往復動可能に収容している冷却シリンダとを含む冷凍機を真空容器に装着するための装着構造である。真空容器には、その真空領域と隔絶した状態で冷却シリンダを収容するためのスリーブであって真空容器の壁に近い箇所に開口を持つスリーブ 2 が設けられている。冷却シリンダにおけるディスプレーサ挿通用の開口には、ディスプレーサを挿通した状態にてモータ駆動部が取り付けられると共にスリーブ内の空間を封止すべくスリーブ内に挿通される筒状部 41-2 を持つ第 1 のフランジ 41 が設けられており、第 1 のフランジ及び冷却シリンダを残してモータ駆動部とディスプレーサとを取り外して新たなディスプレーサと交換可能にした。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 3 5 5 1 0 0

出 願 人 履 歷 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 2 1 0 7]

1 . 変更年月日

1 9 9 4 年 8 月 1 0 日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都品川区北品川五丁目 9 番 1 1 号

氏 名

住友重機械工業株式会社